

#5

**PATENT APPLICATION**

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the Application of

Atsushi YAMAGUCHI et al.

Application No.: 09/942,678

Filed: August 31, 2001

Docket No.: 110533

For: COBALT-NICKEL-IRON ALLOY THIN FILM AND METHOD OF FORMING THE  
SAME, AND THIN-FILM MAGNETIC HEAD AND METHOD OF MANUFACTURING  
THE SAME

**CLAIM FOR PRIORITY**

Director of the U.S. Patent and Trademark Office  
Washington, D.C. 20231

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application filed in the following foreign country is hereby requested for the above-identified patent application and the priority provided in 35 U.S.C. §119 is hereby claimed:

Japanese Patent Application No. 2000-396710 filed on December 27, 2000

In support of this claim, a certified copy of said original foreign application:

  X   is filed herewith.           was filed on            in Parent Application No.            filed           .           will be filed at a later date.

It is requested that the file of this application be marked to indicate that the requirements of 35 U.S.C. §119 have been fulfilled and that the Patent and Trademark Office kindly acknowledge receipt of this document.

Respectfully submitted,

James A. Oliff  
Registration No. 27,075

Thomas J. Pardini  
Registration No. 30,411

JAO:TJP/mlb

Date: October 23, 2001

**OLIFF & BERRIDGE, PLC**  
**P.O. Box 19928**  
**Alexandria, Virginia 22320**  
**Telephone: (703) 836-6400**

DEPOSIT ACCOUNT USE AUTHORIZATION Please grant any extension necessary for entry; Charge any fee due to our Deposit Account No. 15-0461
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年12月27日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-396710

出 願 人

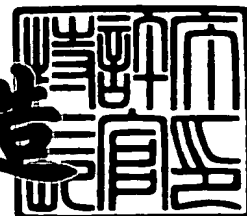
Applicant(s):

ティーディーケイ株式会社

2001年 8月24日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3075642

【書類名】 特許願

【整理番号】 TD02134

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G11B 05/31

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都中央区日本橋 1 丁目 1 3 番 1 号 ティーディーケイ株式会社内

    【氏名】 山口 淳

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都中央区日本橋 1 丁目 1 3 番 1 号 ティーディーケイ株式会社内

    【氏名】 矢里 晴司

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都中央区日本橋 1 丁目 1 3 番 1 号 ティーディーケイ株式会社内

    【氏名】 箕野 哲哉

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都中央区日本橋 1 丁目 1 3 番 1 号 ティーディーケイ株式会社内

    【氏名】 大川 秀一

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都中央区日本橋 1 丁目 1 3 番 1 号 ティーディーケイ株式会社内

    【氏名】 市原 滋

【特許出願人】

    【識別番号】 000003067

    【氏名又は名称】 ティーディーケイ株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100107559

【弁理士】

【氏名又は名称】 星宮 勝美

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 064839

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 コバルト・ニッケル・鉄合金薄膜およびその製造方法ならびに  
薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 コバルトの含有量が 6 0 ～ 7 5 重量%、ニッケルの含有量が 1 0 ～ 2 0 重量%、鉄の含有量が 1 0 ～ 2 0 重量%であり、

体心立方構造相と面心立方構造相との混晶である結晶構造を有し、体心立方構造の ( 1 1 0 ) 面からの X 線回析強度を  $I_b$  とし、面心立方構造の ( 1 1 1 ) 面からの X 線回析強度を  $I_f$  としたときの  $I_b / I_f$  が 0 . 3 以上、0 . 7 以下であることを特徴とするコバルト・ニッケル・鉄合金薄膜。

【請求項 2】 コバルトの含有量が 6 0 ～ 7 5 重量%、ニッケルの含有量が 1 0 ～ 2 0 重量%、鉄の含有量が 1 0 ～ 2 0 重量%であり、体心立方構造相と面心立方構造相との混晶である結晶構造を有するコバルト・ニッケル・鉄合金薄膜を電気めっきによって製造する方法において、

体心立方構造の ( 1 1 0 ) 面からの X 線回析強度を  $I_b$  とし、面心立方構造の ( 1 1 1 ) 面からの X 線回析強度を  $I_f$  としたときの  $I_b / I_f$  が 0 . 3 以上、0 . 7 以下となるように、コバルト・ニッケル・鉄合金薄膜を製造することを特徴とするコバルト・ニッケル・鉄合金薄膜の製造方法。

【請求項 3】 前記コバルト・ニッケル・鉄合金薄膜を電気めっきによって製造する際のめっき浴の pH を 3 . 0 以上、4 . 0 以下とすることを特徴とする請求項 2 記載のコバルト・ニッケル・鉄合金薄膜の製造方法。

【請求項 4】 前記めっき浴の pH を制御することによって、 $I_b / I_f$  の値を制御することを特徴とする請求項 3 記載のコバルト・ニッケル・鉄合金薄膜の製造方法。

【請求項 5】 記録媒体に対向する媒体対向面と、互いに磁氣的に連結され、前記媒体対向面側において互いに対向する磁極部分を含み、それぞれ少なくとも 1 つの層を含む第 1 および第 2 の磁性層と、前記第 1 の磁性層の磁極部分と前記第 2 の磁性層の磁極部分との間に設けられたギャップ層と、少なくとも一部が前記第 1 および第 2 の磁性層の間に、前記第 1 および第 2 の磁性層に対して絶縁

された状態で設けられた薄膜コイルとを備えた薄膜磁気ヘッドであって、

前記第 1 の磁性層と前記第 2 の磁性層の少なくとも一方は、コバルト・ニッケル・鉄合金薄膜によって構成された部分を含み、

前記コバルト・ニッケル・鉄合金薄膜は、コバルトの含有量が 6 0 ～ 7 5 重量%、ニッケルの含有量が 1 0 ～ 2 0 重量%、鉄の含有量が 1 0 ～ 2 0 重量%であり、体心立方構造相と面心立方構造相との混晶である結晶構造を有し、体心立方構造の ( 1 1 0 ) 面からの X 線回析強度を  $I_b$  とし、面心立方構造の ( 1 1 1 ) 面からの X 線回析強度を  $I_f$  としたときの  $I_b / I_f$  が 0. 3 以上、0. 7 以下であることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項 6】 記録媒体に対向する媒体対向面と、互いに磁氣的に連結され、前記媒体対向面側において互いに対向する磁極部分を含み、それぞれ少なくとも 1 つの層を含む第 1 および第 2 の磁性層と、前記第 1 の磁性層の磁極部分と前記第 2 の磁性層の磁極部分との間に設けられたギャップ層と、少なくとも一部が前記第 1 および第 2 の磁性層の間に、前記第 1 および第 2 の磁性層に対して絶縁された状態で設けられた薄膜コイルとを備え、前記第 1 の磁性層と前記第 2 の磁性層の少なくとも一方は、コバルト・ニッケル・鉄合金薄膜によって構成された部分を含む薄膜磁気ヘッドの製造方法であって、

前記第 1 の磁性層を形成する工程と、

前記第 1 の磁性層の上に前記ギャップ層を形成する工程と、

前記ギャップ層の上に前記第 2 の磁性層を形成する工程と、

前記薄膜コイルを形成する工程とを備え、

前記第 1 の磁性層を形成する工程と第 2 の磁性層を形成する工程の少なくとも一方は、前記コバルト・ニッケル・鉄合金薄膜として、コバルトの含有量が 6 0 ～ 7 5 重量%、ニッケルの含有量が 1 0 ～ 2 0 重量%、鉄の含有量が 1 0 ～ 2 0 重量%であり、体心立方構造相と面心立方構造相との混晶である結晶構造を有し、体心立方構造の ( 1 1 0 ) 面からの X 線回析強度を  $I_b$  とし、面心立方構造の ( 1 1 1 ) 面からの X 線回析強度を  $I_f$  としたときの  $I_b / I_f$  が 0. 3 以上、0. 7 以下であるコバルト・ニッケル・鉄合金薄膜を、電気めっきによって形成する工程を含むことを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 7】 前記コバルト・ニッケル・鉄合金薄膜を電気めっきによって製造する際のめっき浴の pH を 3. 0 以上、4. 0 以下とすることを特徴とする請求項 6 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 8】 前記めっき浴の pH を制御することによって、 $I_b / I_f$  の値を制御することを特徴とする請求項 7 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、大きな飽和磁束密度を有するコバルト・ニッケル・鉄合金薄膜およびその製造方法、ならびにこのような合金薄膜を用いた薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、ハードディスク装置の面記録密度の向上に伴って、薄膜磁気ヘッドの性能向上が求められている。薄膜磁気ヘッドとしては、書き込み用の誘導型電磁変換素子を有する記録ヘッドと読み出し用の磁気抵抗効果素子（以下、MR (Magnetoresistive) 素子とも記す。）を有する再生ヘッドとを積層した構造の複合型薄膜磁気ヘッドが広く用いられている。

【0003】

記録ヘッドは、それぞれエアベアリング面側において互いに対向する磁極部分を含む下部磁極層および上部磁極層と、下部磁極層の磁極部分と上部磁極層の磁極部分との間に設けられた記録ギャップ層と、少なくとも一部が下部磁極層および上部磁極層に対して絶縁された状態で設けられた薄膜コイルとを備えている。

【0004】

ところで、高記録密度化のために、記録ヘッドには記録特性の向上が要求される。記録ヘッドの記録特性を向上させる方法の一つとしては、下部磁極層や上部磁極層の材料に、飽和磁束密度の大きな材料を使用する方法がある。

【0005】

飽和磁束密度の大きな材料の一つとしては、コバルト・ニッケル・鉄合金が知

られている。“Bozorth著、FERROMAGNETIZM”や、特開昭62-256989号公報の図2に示されるように、コバルト・ニッケル・鉄合金のバルク材では、大きな飽和磁束密度が得られることは有名である。

【0006】

また、電気めっきによって作製されたコバルト・ニッケル・鉄合金の電析膜に関しても、特開平8-241503号公報や、特許第2821456号の特許掲載公報に示されるように、ある組成において、大きな飽和磁束密度が得られるとの報告がある。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

コバルト・ニッケル・鉄合金において、バルク材でも電析膜でも、組成が同じであれば、その組成に依存した同一の飽和磁束密度が得られるはずである。しかしながら、実際には、電気めっきによって作製されたコバルト・ニッケル・鉄合金の電析膜では、めっき浴中に含まれる有機化合物によって共析するリン(P)、ホウ素(B)、硫黄(S)等の不純物の混入や、電流密度、浴温度、浴のpH等のめっき条件によって、飽和磁束密度にばらつきが生じることが少なくない。

【0008】

また、薄膜磁気ヘッドにおける磁極層に用いるのに適した磁性材料としては、飽和磁束密度が大きいことに加え、良好な軟磁気特性を有すること、具体的には保磁力が小さいことが必要である。コバルト・ニッケル・鉄合金薄膜において、飽和磁束密度が大きく、且つ良好な軟磁気特性を有する組成範囲の一つは、前出の特許第2821456号の特許掲載公報に示されるように、体心立方構造（以下、bccとも記す。）相と面心立方構造（以下、fccとも記す。）相との混晶である結晶構造となる領域である。しかし、この組成領域では結晶制御が難しく、これが飽和磁束密度のばらつきを生じる理由の一つとなっている。

【0009】

前述のように、薄膜磁気ヘッドにおける磁極層にコバルト・ニッケル・鉄合金薄膜を用いることにより、薄膜磁気ヘッドの記録特性の向上が期待できる。しかしながら、安定して良好な記録特性が得られる薄膜磁気ヘッドを量産するために



は、磁極層に用いられるコバルト・ニッケル・鉄合金薄膜における飽和磁束密度のばらつきを抑える必要がある。

【0010】

本発明はかかる問題点に鑑みてなされたもので、その第1の目的は、良好な軟磁気特性が得られると共に安定して大きな飽和磁束密度が得られるコバルト・ニッケル・鉄合金薄膜およびその製造方法を提供することにある。

【0011】

本発明の第2の目的は、磁性層としてコバルト・ニッケル・鉄合金薄膜を用い、安定して良好な記録特性が得られるようにした薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法を提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】

本発明のコバルト・ニッケル・鉄合金薄膜は、コバルト (C o) の含有量が60～75重量%、ニッケル (N i) の含有量が10～20重量%、鉄 (F e) の含有量が10～20重量%であり、体心立方構造相と面心立方構造相との混晶である結晶構造を有し、体心立方構造の(110)面からのX線回析強度をI bとし、面心立方構造の(111)面からのX線回析強度をI fとしたときのI b/I fが0.3以上、0.7以下である薄膜である。

【0013】

本発明のコバルト・ニッケル・鉄合金薄膜では、上記の組成において、I b/I fを0.3以上、0.7以下とすることにより、良好な軟磁気特性を得ることができると共に安定して大きな飽和磁束密度を得ることができる。

【0014】

本発明のコバルト・ニッケル・鉄合金薄膜の製造方法は、コバルトの含有量が60～75重量%、ニッケルの含有量が10～20重量%、鉄の含有量が10～20重量%であり、体心立方構造相と面心立方構造相との混晶である結晶構造を有するコバルト・ニッケル・鉄合金薄膜を電気めっきによって製造する方法において、体心立方構造の(110)面からのX線回析強度をI bとし、面心立方構造の(111)面からのX線回析強度をI fとしたときのI b/I fが0.3以

上、0.7以下となるように、コバルト・ニッケル・鉄合金薄膜を製造する方法である。

【0015】

本発明のコバルト・ニッケル・鉄合金薄膜の製造方法では、上記の組成のコバルト・ニッケル・鉄合金薄膜を電気めっきによって製造する場合に、 $I_b/I_f$ が0.3以上、0.7以下となるようにすることにより、良好な軟磁気特性が得られると共に安定して大きな飽和磁束密度が得られるコバルト・ニッケル・鉄合金薄膜を製造することが可能になる。

【0016】

本発明のコバルト・ニッケル・鉄合金薄膜の製造方法において、コバルト・ニッケル・鉄合金薄膜を電気めっきによって製造する際のめっき浴のpHを3.0以上、4.0以下としてもよい。

【0017】

また、本発明のコバルト・ニッケル・鉄合金薄膜の製造方法において、めっき浴のpHを制御することによって、 $I_b/I_f$ の値を制御してもよい。

【0018】

本発明の薄膜磁気ヘッドは、

記録媒体に対向する媒体対向面と、互いに磁氣的に連結され、媒体対向面側において互いに対向する磁極部分を含み、それぞれ少なくとも1つの層を含む第1および第2の磁性層と、第1の磁性層の磁極部分と第2の磁性層の磁極部分との間に設けられたギャップ層と、少なくとも一部が第1および第2の磁性層の間に、第1および第2の磁性層に対して絶縁された状態で設けられた薄膜コイルとを備え、

第1の磁性層と第2の磁性層の少なくとも一方は、コバルト・ニッケル・鉄合金薄膜によって構成された部分を含み、

コバルト・ニッケル・鉄合金薄膜は、コバルトの含有量が60～75重量%、ニッケルの含有量が10～20重量%、鉄の含有量が10～20重量%であり、体心立方構造相と面心立方構造相との混晶である結晶構造を有し、体心立方構造の(110)面からのX線回析強度を $I_b$ とし、面心立方構造の(111)面か

らのX線回析強度を  $I_f$  としたときの  $I_b / I_f$  が 0.3 以上、0.7 以下であるものである。

## 【0019】

本発明の薄膜磁気ヘッドでは、第1の磁性層と第2の磁性層の少なくとも一方が、上記のコバルト・ニッケル・鉄合金薄膜によって構成された部分を含むので、安定して良好な記録特性を得ることができる。

## 【0020】

本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法は、記録媒体に対向する媒体対向面と、互いに磁氣的に連結され、媒体対向面側において互いに対向する磁極部分を含み、それぞれ少なくとも1つの層を含む第1および第2の磁性層と、第1の磁性層の磁極部分と第2の磁性層の磁極部分との間に設けられたギャップ層と、少なくとも一部が第1および第2の磁性層の間に、第1および第2の磁性層に対して絶縁された状態で設けられた薄膜コイルとを備え、第1の磁性層と第2の磁性層の少なくとも一方は、コバルト・ニッケル・鉄合金薄膜によって構成された部分を含む薄膜磁気ヘッドを製造する方法であって、

第1の磁性層を形成する工程と、

第1の磁性層の上にギャップ層を形成する工程と、

ギャップ層の上に第2の磁性層を形成する工程と、

薄膜コイルを形成する工程とを備え、

第1の磁性層を形成する工程と第2の磁性層を形成する工程の少なくとも一方は、コバルト・ニッケル・鉄合金薄膜として、コバルトの含有量が60～75重量%、ニッケルの含有量が10～20重量%、鉄の含有量が10～20重量%であり、体心立方構造相と面心立方構造相との混晶である結晶構造を有し、体心立方構造の(110)面からのX線回析強度を  $I_b$  とし、面心立方構造の(111)面からのX線回析強度を  $I_f$  としたときの  $I_b / I_f$  が 0.3 以上、0.7 以下であるコバルト・ニッケル・鉄合金薄膜を、電気めっきによって形成する工程を含むものである。

## 【0021】

本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法では、第1の磁性層と第2の磁性層の少な

くとも一方に用いられるコバルト・ニッケル・鉄合金薄膜が上記のようにして形成されるので、安定して良好な記録特性が得られる薄膜磁気ヘッドを製造することが可能になる。

#### 【0022】

本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法において、コバルト・ニッケル・鉄合金薄膜を電気めっきによって製造する際のめっき浴のpHを3.0以上、4.0以下としてもよい。

#### 【0023】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法において、めっき浴のpHを制御することによって、 $I_b/I_f$ の値を制御してもよい。

#### 【0024】

#### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。まず、図1ないし図6を参照して、本発明の一実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法の概略について説明する。なお、図1ないし図6において、(a)はエアベアリング面に垂直な断面を示し、(b)は磁極部分のエアベアリング面に平行な断面を示している。

#### 【0025】

本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法では、まず、図1に示したように、アルティック( $Al_2O_3 \cdot TiC$ )等のセラミック材料よりなる基板1の上に、スパッタリング法等によって、アルミナ( $Al_2O_3$ )等の絶縁材料よりなる絶縁層2を、例えば1～5 $\mu m$ の厚みに形成する。次に、絶縁層2の上に、スパッタリング法または電気めっき法等によって、パーマロイ( $NiFe$ )等の磁性材料よりなる再生ヘッド用の下部シールド層3を、例えば約3 $\mu m$ の厚みに形成する。

#### 【0026】

次に、下部シールド層3の上に、スパッタリング法等によって、アルミナ等の絶縁材料よりなる下部シールドギャップ膜4を、例えば10～200nmの厚みに形成する。次に、下部シールドギャップ膜4の上に、スパッタリング法等によ

って、再生用のMR素子5を、例えば数十nmの厚みに形成する。MR素子5には、AMR（異方性磁気抵抗効果）素子、GMR（巨大磁気抵抗効果）素子あるいはTMR（トンネル磁気抵抗効果）素子等の磁気抵抗効果を示す感磁膜を用いた素子を用いることができる。

## 【0027】

次に、下部シールドギャップ膜4の上に、スパッタリング法等によって、MR素子5に電氣的に接続される一対の電極層6を、数十nmの厚みに形成する。次に、下部シールドギャップ膜4およびMR素子5の上に、スパッタリング法等によって、アルミナ等の絶縁材料よりなる上部シールドギャップ膜7を、例えば10～200nmの厚みに形成する。

## 【0028】

なお、上記の再生ヘッドを構成する各層は、レジストパターンを用いた一般的なエッチング方法やリフトオフ法やこれらを併用した方法によってパターンニングされる。

## 【0029】

次に、上部シールドギャップ膜7の上に、磁性材料からなり、再生ヘッドと記録ヘッドの双方に用いられる上部シールド層兼下部磁極層（以下、下部磁極層と記す。）8を、例えば3～4 $\mu$ mの厚みに形成する。なお、下部磁極層8に用いる磁性材料は、NiFe、CoFe、CoFeNi、FeN等の軟磁性材料である。下部磁極層8は、スパッタリング法または電気めっき法等によって形成される。

## 【0030】

なお、下部磁極層8の代わりに、上部シールド層と、この上部シールド層の上にスパッタリング法等によって形成されたアルミナ等の非磁性材料よりなる分離層と、この分離層の上に形成された下部磁性層とを設けてもよい。

## 【0031】

次に、図2に示したように、下部磁極層8の上に、スパッタリング法等によって、アルミナ等の絶縁材料よりなる記録ギャップ層9を、例えば150～300nmの厚みに形成する。次に、磁路形成のために、後述する薄膜コイルの中心部

分において、記録ギャップ層 9 を部分的にエッチングしてコンタクトホール 9 a を形成する。

## 【 0 0 3 2 】

次に、記録ギャップ層 9 の上に、例えば銅 (Cu) よりなる薄膜コイルの第 1 層部分 1 0 を、例えば  $2 \sim 3 \mu\text{m}$  の厚みに形成する。なお、図 2 (a) において、符号 1 0 a は、第 1 層部分 1 0 のうち、後述する薄膜コイルの第 2 層部分 1 5 に接続される接続部を表している。第 1 層部分 1 0 は、コンタクトホール 9 a の周囲に巻回される。

## 【 0 0 3 3 】

次に、図 3 に示したように、薄膜コイルの第 1 層部分 1 0 およびその周辺の記録ギャップ層 9 を覆うように、フォトレジスト等の、加熱時に流動性を有する有機絶縁材料よりなる絶縁層 1 1 を所定のパターンに形成する。次に、絶縁層 1 1 の表面を平坦にするために所定の温度で熱処理する。この熱処理により、絶縁層 1 1 の外周および内周の各端縁部分は、丸みを帯びた斜面形状となる。

## 【 0 0 3 4 】

次に、絶縁層 1 1 のうちの後述するエアベアリング面 3 0 側 (図 3 (a) における左側) の斜面部分からエアベアリング面 3 0 側にかけての領域において、記録ギャップ層 9 および絶縁層 1 1 の上に、記録ヘッド用の磁性材料によって、上部磁極層 1 2 のトラック幅規定層 1 2 a を形成する。上部磁極層 1 2 は、このトラック幅規定層 1 2 a と、後述する連結部分層 1 2 b およびヨーク部分層 1 2 c とで構成される。トラック幅規定層 1 2 a は、後で詳しく説明するように、電気めっき法によって形成される。

## 【 0 0 3 5 】

トラック幅規定層 1 2 a は、記録ギャップ層 9 の上に形成され、上部磁極層 1 2 の磁極部分となる先端部 1 2 a<sub>1</sub> と、絶縁層 1 1 のエアベアリング面 3 0 側の斜面部分の上に形成され、ヨーク部分層 1 2 c に接続される接続部 1 2 a<sub>2</sub> とを有している。先端部 1 2 a<sub>1</sub> の幅は記録トラック幅と等しくなっている。すなわち、先端部 1 2 a<sub>1</sub> は記録トラック幅を規定している。

## 【 0 0 3 6 】

トラック幅規定層 1 2 a を形成する際には、同時に、コンタクトホール 9 a の上に磁性材料よりなる連結部分層 1 2 b を形成すると共に、接続部 1 0 a の上に磁性材料よりなる接続層 1 3 を形成する。連結部分層 1 2 b は、上部磁極層 1 2 のうち、下部磁極層 8 に磁氣的に連結される部分を構成する。

## 【 0 0 3 7 】

次に、トラック幅規定層 1 2 a の周辺において、トラック幅規定層 1 2 a をマスクとして、記録ギャップ層 9 および下部磁極層 8 の磁極部分における記録ギャップ層 9 側の少なくとも一部をエッチングする。記録ギャップ層 9 のエッチングには例えば反応性イオンエッチングが用いられ、下部磁極層 8 のエッチングには例えばイオンミリングが用いられる。図 3 ( b ) に示したように、上部磁極層 1 2 の磁極部分 (トラック幅規定層 1 2 a の先端部 1 2 a<sub>1</sub>)、記録ギャップ層 9 および下部磁極層 8 の磁極部分の少なくとも一部の各側壁が垂直に自己整合的に形成された構造は、トリム (Trim) 構造と呼ばれる。

## 【 0 0 3 8 】

次に、図 4 に示したように、全体に、アルミナ等の無機絶縁材料よりなる絶縁層 1 4 を、例えば 3 ~ 4  $\mu$  m の厚みに形成する。次に、この絶縁層 1 4 を、例えば化学機械研磨によって、トラック幅規定層 1 2 a、連結部分層 1 2 b および接続層 1 3 の表面に至るまで研磨して平坦化する。

## 【 0 0 3 9 】

次に、図 5 に示したように、平坦化された絶縁層 1 4 の上に、例えば銅 (Cu) よりなる薄膜コイルの第 2 層部分 1 5 を、例えば 2 ~ 3  $\mu$  m の厚みに形成する。なお、図 5 ( a ) において、符号 1 5 a は、第 2 層部分 1 5 のうち、接続層 1 3 を介して薄膜コイルの第 1 層部分 1 0 の接続部 1 0 a に接続される接続部を表している。第 2 層部分 1 5 は、連結部分層 1 2 b の周囲に巻回される。

## 【 0 0 4 0 】

次に、薄膜コイルの第 2 層部分 1 5 およびその周辺の絶縁層 1 4 を覆うように、フォトレジスト等の、加熱時に流動性を有する有機絶縁材料よりなる絶縁層 1 6 を所定のパターンに形成する。次に、絶縁層 1 6 の表面を平坦にするために所定の温度で熱処理する。この熱処理により、絶縁層 1 6 の外周および内周の各端

縁部分は、丸みを帯びた斜面形状となる。

【 0 0 4 1 】

次に、図 6 に示したように、トラック幅規定層 1 2 a、絶縁層 1 4、1 6 および連結部分層 1 2 b の上に、パーマロイ等の記録ヘッド用の磁性材料によって、上部磁極層 1 2 のヨーク部分を構成するヨーク部分層 1 2 c を形成する。ヨーク部分層 1 2 c は、スパッタリング法または電気めっき法等によって形成される。ヨーク部分層 1 2 c のエアベアリング面 3 0 側の端部は、エアベアリング面 3 0 から離れた位置に配置されている。また、ヨーク部分層 1 2 c は、連結部分層 1 2 b を介して下部磁極層 8 に接続されている。

【 0 0 4 2 】

次に、全体を覆うように、例えばアルミナよりなるオーバーコート層 1 7 を形成する。最後に、上記各層を含むスライダの機械加工を行って、記録ヘッドおよび再生ヘッドを含む薄膜磁気ヘッドのエアベアリング面 3 0 を形成して、薄膜磁気ヘッドが完成する。

【 0 0 4 3 】

このようにして製造される本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドは、記録媒体に対向する媒体対向面（エアベアリング面 3 0）と再生ヘッドと記録ヘッド（誘導型電磁変換素子）とを備えている。再生ヘッドは、MR 素子 5 と、エアベアリング面 3 0 側の一部が MR 素子 5 を挟んで対向するように配置された、MR 素子 5 をシールドするための下部シールド層 3 および上部シールド層（下部磁極層 8）とを有している。

【 0 0 4 4 】

記録ヘッドは、互いに磁氣的に連結され、エアベアリング面 3 0 側において互いに対向する磁極部分を含み、それぞれ少なくとも 1 つの層を含む下部磁極層 8 および上部磁極層 1 2 と、この下部磁極層 8 の磁極部分と上部磁極層 1 2 の磁極部分との間に設けられた記録ギャップ層 9 と、少なくとも一部が下部磁極層 8 および上部磁極層 1 2 の間に、これらに対して絶縁された状態で配設された薄膜コイル 1 0、1 5 とを有している。本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドでは、図 6（a）に示したように、エアベアリング面 3 0 から、絶縁層 1 1 のエアベアリン



グ面 3 0 側の端部までの長さが、スロートハイト T H となる。なお、スロートハイトとは、2 つの磁極層が記録ギャップ層を介して対向する部分の、エアベアリング面側の端部から反対側の端部までの長さ（高さ）をいう。

【 0 0 4 5 】

本実施の形態において、下部磁極層 8 は本発明における第 1 の磁性層に対応し、上部磁極層 1 2 は本発明における第 2 の磁性層に対応する。

【 0 0 4 6 】

次に、図 7 ないし図 1 1 を参照して、上部磁極層 1 2 のトラック幅規定層 1 2 a の形成方法について詳しく説明する。このトラック幅規定層 1 2 a の形成方法では、まず、図 7 に示したように、記録ギャップ層 9 の上に、例えばスパッタリング法によって、めっき用の下地となる下地膜 2 1 を形成する。なお、下地膜 2 1 は磁性材料よりなる。

【 0 0 4 7 】

次に、図 8 に示したように、下地膜 2 1 の上に、フォトレジスト層を形成し、このフォトレジスト層をフォトリソグラフィ工程によりパターニングして、めっきのためのフレーム（外枠） 2 2 を形成する。

【 0 0 4 8 】

次に、図 9 に示したように、フレーム 2 2 を用い、先に形成した下地膜 2 1 を電極として電気めっきを行って、下地膜 2 1 の上にトラック幅規定層 1 2 a を形成する。

【 0 0 4 9 】

次に、図 1 0 に示したように、フレーム 2 2 を除去し、更に、下地膜 2 1 のうち、トラック幅規定層 1 2 a の下に存在する部分以外の不要な部分をイオンミリング等のドライエッチングを用いて除去する。以上の工程により、図 1 1 に示したように、記録ギャップ層 9 の上に下地膜 2 1 とトラック幅規定層 1 2 a とが形成される。

【 0 0 5 0 】

本実施の形態では、トラック幅規定層 1 2 a は、本実施の形態に係るコバルト・ニッケル・鉄合金薄膜によって構成される。以下、本実施の形態に係るコバル

ト・ニッケル・鉄合金薄膜（以下、C o N i F e 膜とも記す。）と、このC o N i F e 膜を電気めっきによって製造する方法について詳しく説明する。

【0051】

本実施の形態に係るC o N i F e 膜は、薄膜磁気ヘッドにおける上部磁極層12の一部をなすトラック幅規定層12aに用いられるので、飽和磁束密度が大きいことと、良好な軟磁気特性を有すること、すなわち保磁力が小さいことが望ましい。そこで、本実施の形態では、C o N i F e 膜の飽和磁束密度が1.7T（テスラ）以上となるように、C o N i F e 膜の組成を、コバルトの含有量が60～75重量%、ニッケルの含有量が10～20重量%、鉄の含有量が10～20重量%となるようにする。また、本実施の形態では、C o N i F e 膜が良好な軟磁気特性を有するように、C o N i F e 膜は体心立方構造（b c c）相と面心立方構造（f c c）相との混晶である結晶構造を有するものとする。C o N i F e 膜の組成を上記の組成とすることにより、“Bozorth著、FERROMAGNETISM”や、特開昭62-256989号公報の図2から分かるように、C o N i F e 膜の飽和磁束密度をほぼ1.7T以上とすることができる。また、上記の組成において、C o N i F e 膜を体心立方構造（b c c）相と面心立方構造（f c c）相との混晶である結晶構造を有するものとすることにより、C o N i F e 膜の軟磁気特性を良好にすることができる。

【0052】

本実施の形態では、上記の組成および結晶構造を有するC o N i F e 膜を電気めっきによって製造する場合に、安定して1.7T以上の大きな飽和磁束密度を有するC o N i F e 膜が得られるようにするために、C o N i F e 膜およびその製造方法に対して、以下のような条件を加えている。すなわち、本実施の形態に係るC o N i F e 膜およびその製造方法では、C o N i F e 膜において、体心立方構造の（110）面からのX線回析強度をI<sub>b</sub>とし、面心立方構造の（111）面からのX線回析強度をI<sub>f</sub>としたときのI<sub>b</sub>/I<sub>f</sub>が0.3以上、0.7以下となるようにする。また、本実施の形態に係るC o N i F e 膜の製造方法では、C o N i F e 膜を電気めっきによって製造する際のめっき浴のpHを3.0以上、4.0以下とする。また、本実施の形態に係るC o N i F e 膜の製造方法で

は、めっき浴のpHを制御することによって、 $I_b/I_f$ の値を制御する。

【0053】

以下、上述の各条件を決定するために行った2つの実験の内容とその結果について詳しく説明する。まず、CoNiFe膜の組成とめっき浴のpHとの関係を調べた第1の実験について説明する。この第1の実験では、めっき浴の組成を一定にし、めっき浴のpHのみを変えて、CoNiFe膜の6個の試料を作製した。第1の実験で用いためっき浴の組成を以下の表に示す。なお、第1の実験で用いためっき浴の温度は22℃、電着電流密度は $5.8\text{ mA/cm}^2$ である。また、第1の実験において、めっき浴のpHを減少させる際にはめっき浴に硫酸または塩酸を加え、めっき浴のpHを増加させる際にはめっき浴にアンモニアを加えて、めっき浴のpHを調整した。

【0054】

【表1】

成 分	濃 度 (g/L)
硫酸ニッケル六水和物	36.5
塩化ニッケル六水和物	7.3
硫酸コバルト七水和物	18.6
硫酸鉄七水和物	4.4
ほう酸	31
サッカリンナトリウム	0.5
ラリウル硫酸ナトリウム	0.01

【0055】

第1の実験において作製された6つのCoNiFe膜に関して、成膜時におけるめっき浴のpHとCoNiFe膜の組成との関係を以下の表に示す。なお、以下、表や図では、重量%をwt%と記す。

【0056】

【表 2】

試料番号	p H	C o (wt%)	N i (wt%)	F e (wt%)
1	3. 2 0	6 7. 4 4	1 4. 8 8	1 7. 6 8
2	3. 1 0	6 7. 4 3	1 4. 9 2	1 7. 6 5
3	3. 0 1	6 7. 4 4	1 4. 8 8	1 7. 6 8
4	2. 9 1	6 7. 3 9	1 5. 1 8	1 7. 4 3
5	2. 8 0	6 7. 4 4	1 5. 3 0	1 7. 2 6
6	2. 5 5	6 7. 4 7	1 6. 1 3	1 6. 4 4

## 【0 0 5 7】

図 1 2 は、上記の表に示しためっき浴の p H と C o N i F e 膜の組成との関係をグラフで表したものである。図 1 2 から、めっき浴の p H が 3. 0 よりも小さい場合には C o N i F e 膜の組成は p H に依存して変化するが、p H が 3. 0 以上になると C o N i F e 膜の組成は p H に依存せず、ほぼ一定になることが分かる。

## 【0 0 5 8】

次に、第 2 の実験について説明する。第 2 の実験では、めっき浴の組成やめっき浴の p H を変えて C o N i F e 膜の 2 3 個の試料を作製し、これらの試料について、めっき浴の p H と、C o N i F e 膜の組成と、C o N i F e 膜における  $I_b / I_f$  の値と、C o N i F e 膜の飽和磁束密度  $B_s$  を調べた。第 2 の実験で用いためっき浴の組成の範囲を以下の表に示す。なお、第 2 の実験で用いためっき浴の温度は 2 2 °C、p H は 2. 9 ~ 3. 4 の範囲内、電着電流密度は 5. 8 m A / c m<sup>2</sup> である。また、第 2 の実験において、めっき浴の p H を減少させる際にはめっき浴に硫酸または塩酸を加え、めっき浴の p H を増加させる際にはめっき浴にアンモニアを加えて、めっき浴の p H を調整した。第 2 の実験で作製された 2 3 個の試料の組成は、コバルトの含有量が 6 5 ~ 7 4 重量%、ニッケルの含有量が 1 2 ~ 1 6 重量%、鉄の含有量が 1 4 ~ 2 0 重量%の範囲内である。

## 【0 0 5 9】

【表 3】

成 分	濃 度 (g / L)
硫酸ニッケル六水和物	3 6 ~ 4 0
塩化ニッケル六水和物	0 ~ 8
硫酸コバルト七水和物	1 2 ~ 2 2
硫酸鉄七水和物	3 . 6 ~ 4 . 4
ほう酸	2 6 . 5 ~ 4 6 . 5
サッカリンナトリウム	0 . 5
ラリウル硫酸ナトリウム	0 . 0 1

【0 0 6 0】

第 2 の実験で作製された 2 3 個の試料に関して、成膜時におけるめっき浴の pH と、C o N i F e 膜の組成と、C o N i F e 膜における I b / I f の値と、C o N i F e 膜の飽和磁束密度 B s との関係を以下の 2 つの表に示す。

【0 0 6 1】

【表 4】

試料番号	p H	Co(wt%)	Ni(wt%)	Fe(wt%)	Ib / If	Bs (T)
1	3.01	67.44	14.88	17.68	0.40	1.763
2	3.04	67.29	14.85	17.85	0.42	1.720
3	3.09	67.47	15.37	17.16	0.40	1.731
4	3.37	67.47	14.87	17.69	0.44	1.720
5	3.39	67.53	14.98	17.50	0.36	1.731
6	3.40	67.44	14.92	17.64	0.42	1.731
7	3.04	67.50	14.96	17.54	0.34	1.698
8	3.38	67.37	14.83	17.81	0.43	1.774
9	3.23	67.30	14.79	17.91	0.41	1.720
1 0	3.23	67.42	14.79	17.79	0.42	1.698

【0 0 6 2】

【表 5】

試料番号	pH	Co(wt%)	Ni(wt%)	Fe(wt%)	Ib/If	Bs (T)
1 1	3.23	67.35	14.81	17.84	0.39	1.698
1 2	3.24	67.40	14.80	17.80	0.37	1.709
1 3	3.02	67.29	14.91	17.79	0.37	1.622
1 4	3.03	67.31	14.88	17.81	0.35	1.687
1 5	3.21	67.32	14.93	17.76	0.42	1.742
1 6	2.93	67.30	15.15	17.55	0.34	1.655
1 7	3.20	65.35	15.48	19.17	0.68	1.763
1 8	3.17	67.61	14.54	17.85	0.54	1.774
1 9	3.13	69.74	13.50	16.76	0.36	1.763
2 0	3.09	73.14	12.05	14.81	0.14	1.655
2 1	3.25	67.54	14.44	18.02	0.52	1.763
2 2	3.32	69.50	13.47	17.02	0.38	1.774
2 3	3.33	71.19	12.84	15.97	0.21	1.676

## 【0 0 6 3】

なお、実験で使用しためっき浴は硫黄系有機化合物であるサッカリンナトリウムを含むため、C o N i F e 膜には0. 1 重量%程度の硫黄が共析しているが、この含有量はC o N i F e 膜の飽和磁束密度B s に影響を与えるほどの大きな値ではない。

## 【0 0 6 4】

図 1 5 ないし図 3 7 は、順に、第 2 の実験で作製された試料番号が 1 ～ 2 3 の試料についての X 線回折強度の測定結果を示している。上記表における I b / I f の値は、これらの図 1 5 ないし図 3 7 に示した測定結果より算出している。なお、図 1 5 ないし図 3 7 において、f c c ( 1 1 1 ) は面心立方構造の ( 1 1 1 ) 面からの回折線が生じる角度を示し、b c c ( 1 1 0 ) は体心立方構造の ( 1

10) 面からの回折線が生じる角度を示し、fcc(200)は面心立方構造の(200)面からの回折線が生じる角度を示している。また、図15ないし図37において、X線回折強度の単位は任意である。

## 【0065】

図13は、第2の実験で作製された試料番号が1～23の試料における $I_b/I_f$ の値と飽和磁束密度 $B_s$ との関係を表したものである。なお、図13中の直線は、最小二乗法により決定した。図13から、 $I_b/I_f$ の値が増加すると、飽和磁束密度 $B_s$ も増加することが分かる。また、図13から、 $I_b/I_f$ の値が0.3以上になると、飽和磁束密度 $B_s$ が1.7T以上になることが分かる。従って、コバルト・ニッケル・鉄合金のバルク材と同様に飽和磁束密度 $B_s$ が安定して1.7T以上となるCoNiFe膜を電気めっきによって製造するには、 $I_b/I_f$ の値を0.3以上にするのがよいことが分かる。また、本実施の形態に係るCoNiFe膜の組成範囲におけるCoNiFe膜の飽和磁束密度 $B_s$ は1.7～1.8T程度である。図13から、飽和磁束密度 $B_s$ が1.7～1.8Tとなるのは、 $I_b/I_f$ の値が0.3～0.7のときである。従って、本実施の形態では、 $I_b/I_f$ の値を0.3以上、0.7以下となるようにしている。

## 【0066】

また、図14は、第2の実験で作製された試料のうち、組成がほぼ等しい試料番号1～16の試料に関して、成膜時におけるめっき浴のpHと、 $I_b/I_f$ の値との関係を表したものである。試料番号が1～16の試料の組成は、コバルトの含有量が67～68重量%、ニッケルの含有量が14.5～15.5重量%、鉄の含有量が17～18重量%の範囲内である。なお、図14中の直線は、最小二乗法により決定した。

## 【0067】

図14から、めっき浴のpHが増加すると、 $I_b/I_f$ の値も増加することが分かる。図13および図14から、CoNiFe膜の組成を変えずに、安定して1.7T以上の大きな飽和磁束密度 $B_s$ が得られるようにするには、CoNiFe膜の組成として、CoNiFe膜の飽和磁束密度 $B_s$ が1.7T以上となり、且つCoNiFe膜が体心立方構造(bcc)相と面心立方構造(fcc)相と

の混晶である結晶構造となる組成を選択すると共に、CoNiFe膜の組成が変化しない範囲内でめっき浴のpHを大きくすればよいことが分かる。第1の実験から、めっき浴のpHが3.0以上になるとCoNiFe膜の組成はpHに依存せず、ほぼ一定になることが分かった。一方、めっき浴のpHが4.0より大きくなると、2価の鉄イオン( $\text{Fe}^{2+}$ )が酸化されて3価の鉄イオン( $\text{Fe}^{3+}$ )になりやすくなり、その結果、 $\text{Fe}^{3+} + 3\text{OH}^- \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3 \downarrow$ の反応がめっき浴中で起こり、めっき浴中に沈殿物を発生させるため、好ましくない。従って、めっき浴のpHは、3.0以上、4.0以下が好ましい。そして、pHが3.0以上、4.0以下の範囲内で、pHを制御することにより、CoNiFe膜の組成を変えることなく、 $I_b/I_f$ の値を制御して、飽和磁束密度 $B_s$ を制御することができる。

## 【0068】

以上の2つの実験結果から以下のことが言える。すなわち、コバルトの含有量が60～75重量%、ニッケルの含有量が10～20重量%、鉄の含有量が10～20重量%であり、体心立方構造相と面心立方構造相との混晶である結晶構造を有するCoNiFe膜を電気めっきによって製造する場合に、安定して1.7 T以上の大きな飽和磁束密度を有するCoNiFe膜が得られるようにするためには、 $I_b/I_f$ が0.3以上、0.7以下となるようにするのがよい。また、めっき浴のpHは3.0以上、4.0以下とするのがよい。また、めっき浴のpHを、3.0以上、4.0以下の範囲内で制御することにより、CoNiFe膜の組成を変えることなく、CoNiFe膜の結晶構造、具体的には $I_b/I_f$ の値を制御することができ、その結果、飽和磁束密度 $B_s$ を制御することができる。特に、めっき浴のpHを、3.0以上、4.0以下の範囲内で、大きくすることにより、飽和磁束密度 $B_s$ を大きくすることができる。

## 【0069】

以上説明したように、本実施の形態に係るCoNiFe膜によれば、コバルトの含有量が60～75重量%、ニッケルの含有量が10～20重量%、鉄の含有量が10～20重量%となる組成と、体心立方構造相と面心立方構造相との混晶である結晶構造を有し、 $I_b/I_f$ が0.3以上、0.7以下となるようにした



ので、良好な軟磁気特性を得ることができると共に安定して大きな飽和磁束密度を得ることができる。

## 【0070】

また、本実施の形態に係るC o N i F e膜の製造方法によれば、コバルトの含有量が60～75重量%、ニッケルの含有量が10～20重量%、鉄の含有量が10～20重量%であり、体心立方構造相と面心立方構造相との混晶である結晶構造を有するC o N i F e膜を電気めっきによって製造する場合に、I b / I f が0.3以上、0.7以下となるようにしたので、良好な軟磁気特性が得られると共に安定して大きな飽和磁束密度が得られるコバルト・ニッケル・鉄合金薄膜を製造することが可能になる。

## 【0071】

また、本実施の形態に係るC o N i F e膜の製造方法によれば、C o N i F e膜を電気めっきによって製造する際のめっき浴のpHを3.0以上、4.0以下としたので、組成のばらつきを抑えながら、良好な軟磁気特性が得られると共に安定して大きな飽和磁束密度が得られるC o N i F e膜を製造することが可能になる。

## 【0072】

また、本実施の形態に係るC o N i F e膜の製造方法によれば、めっき浴のpHを3.0以上、4.0以下の範囲内で制御することによってI b / I fの値を制御するようにしたので、組成を変えることなくC o N i F e膜の飽和磁束密度を制御することが可能になる。

## 【0073】

また、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドによれば、上部磁極層12のトラック幅規定層12aがC o N i F e膜によって構成され、このC o N i F e膜は、コバルトの含有量が60～75重量%、ニッケルの含有量が10～20重量%、鉄の含有量が10～20重量%であり、体心立方構造相と面心立方構造相との混晶である結晶構造を有し、I b / I f が0.3以上、0.7以下であるようにしたので、安定して良好な記録特性を得ることができる。

## 【0074】

また、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法では、上部磁極層 1 2 のトラック幅規定層 1 2 a に用いられる C o N i F e 膜として、コバルトの含有量が 6 0 ~ 7 5 重量%、ニッケルの含有量が 1 0 ~ 2 0 重量%、鉄の含有量が 1 0 ~ 2 0 重量%であり、体心立方構造相と面心立方構造相との混晶である結晶構造を有し、 $I_b / I_f$  が 0. 3 以上、0. 7 以下である C o N i F e 膜を、電気めっきによって形成するようにしている。これにより、本実施の形態によれば、良好な軟磁気特性が得られると共に安定して大きな飽和磁束密度が得られる C o N i F e 膜を形成することが可能になり、その結果、安定して良好な記録特性が得られる薄膜磁気ヘッドを製造することが可能になる。

## 【 0 0 7 5 】

また、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、C o N i F e 膜を電気めっきによって製造する際のめっき浴の p H を 3. 0 以上、4. 0 以下としたので、C o N i F e 膜の組成のばらつきを抑えながら、良好な軟磁気特性が得られると共に安定して大きな飽和磁束密度が得られる C o N i F e 膜を形成することが可能になり、その結果、より安定して良好な記録特性が得られる薄膜磁気ヘッドを製造することが可能になる。

## 【 0 0 7 6 】

また、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、めっき浴の p H を 3. 0 以上、4. 0 以下の範囲内で制御することによって  $I_b / I_f$  の値を制御するようにしたので、組成を変えることなく C o N i F e 膜の飽和磁束密度を制御することが可能になり、その結果、薄膜磁気ヘッドの記録特性を制御することが可能になる。

## 【 0 0 7 7 】

なお、本発明は上記実施の形態に限定されず、種々の変更が可能である。例えば、実施の形態では、上部磁極層 1 2 のトラック幅規定層 1 2 a が実施の形態に係る C o N i F e 膜によって構成されるようにしたが、トラック幅規定層 1 2 a が複数の層からなり、そのうちの一部の層が実施の形態に係る C o N i F e 膜によって構成されるようにしてもよい。また、上部磁極層 1 2 のトラック幅規定層 1 2 a 以外の部分や、下部磁極層 8 の少なくとも一部が実施の形態に係る C o N

i Fe 膜によって構成されるようにしてもよい。

【0078】

また、上記実施の形態では、基体側に読み取り用のMR素子を形成し、その上に、書き込み用の誘導型電磁変換素子を積層した構造の薄膜磁気ヘッドについて説明したが、この積層順序を逆にしてもよい。

【0079】

つまり、基体側に書き込み用の誘導型電磁変換素子を形成し、その上に、読み取り用のMR素子を形成してもよい。このような構造は、例えば、上記実施の形態に示した上部磁極層の機能を有する磁性膜を下部磁極層として基体側に形成し、記録ギャップ膜を介して、それに対向するように上記実施の形態に示した下部磁極層の機能を有する磁性膜を上部磁極層として形成することにより実現できる。

【0080】

また、本発明は、誘導型電磁変換素子のみを備えた記録専用の薄膜磁気ヘッドや、誘導型電磁変換素子によって記録と再生を行う薄膜磁気ヘッドにも適用することができる。

【0081】

また、本発明のコバルト・ニッケル・鉄合金薄膜およびその製造方法は、薄膜磁気ヘッド以外に用いられる磁性薄膜にも適用することができる。

【0082】

【発明の効果】

以上説明したように請求項1記載のコバルト・ニッケル・鉄合金薄膜によれば、コバルトの含有量が60～75重量%、ニッケルの含有量が10～20重量%、鉄の含有量が10～20重量%となる組成と、体心立方構造相と面心立方構造相との混晶である結晶構造を有し、体心立方構造の(110)面からのX線回析強度を $I_b$ とし、面心立方構造の(111)面からのX線回析強度を $I_f$ としたときの $I_b/I_f$ が0.3以上、0.7以下となるようにしたので、良好な軟磁気特性を得ることができると共に安定して大きな飽和磁束密度を得ることができるという効果を奏する。

## 【 0 0 8 3 】

また、請求項 2 ないし 4 のいずれかに記載のコバルト・ニッケル・鉄合金薄膜の製造方法によれば、コバルトの含有量が 6 0 ～ 7 5 重量%、ニッケルの含有量が 1 0 ～ 2 0 重量%、鉄の含有量が 1 0 ～ 2 0 重量%であり、体心立方構造相と面心立方構造相との混晶である結晶構造を有するコバルト・ニッケル・鉄合金薄膜を電気めっきによって製造する場合に、体心立方構造の ( 1 1 0 ) 面からの X 線回析強度を  $I_b$  とし、面心立方構造の ( 1 1 1 ) 面からの X 線回析強度を  $I_f$  としたときの  $I_b / I_f$  が 0. 3 以上、0. 7 以下となるようにしたので、良好な軟磁気特性が得られると共に安定して大きな飽和磁束密度が得られるコバルト・ニッケル・鉄合金薄膜を製造することが可能になるという効果を奏する。

## 【 0 0 8 4 】

また、請求項 3 記載のコバルト・ニッケル・鉄合金薄膜の製造方法によれば、コバルト・ニッケル・鉄合金薄膜を電気めっきによって製造する際のめっき浴の pH を 3. 0 以上、4. 0 以下としたので、組成のばらつきを抑えながら、良好な軟磁気特性が得られると共に安定して大きな飽和磁束密度が得られるコバルト・ニッケル・鉄合金薄膜を製造することが可能になるという効果を奏する。

## 【 0 0 8 5 】

また、請求項 4 記載のコバルト・ニッケル・鉄合金薄膜の製造方法によれば、めっき浴の pH を 3. 0 以上、4. 0 以下の範囲内で制御することによって  $I_b / I_f$  の値を制御するようにしたので、組成を変えることなくコバルト・ニッケル・鉄合金薄膜の飽和磁束密度を制御することが可能になるという効果を奏する。

## 【 0 0 8 6 】

また、請求項 5 記載の薄膜磁気ヘッドによれば、第 1 の磁性層と第 2 の磁性層の少なくとも一方が、コバルト・ニッケル・鉄合金薄膜によって構成された部分を含み、コバルト・ニッケル・鉄合金薄膜は、コバルトの含有量が 6 0 ～ 7 5 重量%、ニッケルの含有量が 1 0 ～ 2 0 重量%、鉄の含有量が 1 0 ～ 2 0 重量%であり、体心立方構造相と面心立方構造相との混晶である結晶構造を有し、体心立方構造の ( 1 1 0 ) 面からの X 線回析強度を  $I_b$  とし、面心立方構造の ( 1 1 1

）面からのX線回析強度を $I_f$ としたときの $I_b/I_f$ が0.3以上、0.7以下であるようにしたので、安定して良好な記録特性を得ることができるという効果を奏する。

## 【0087】

また、請求項6ないし8のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、第1の磁性層と第2の磁性層の少なくとも一方に用いられるコバルト・ニッケル・鉄合金薄膜として、コバルトの含有量が60～75重量%、ニッケルの含有量が10～20重量%、鉄の含有量が10～20重量%であり、体心立方構造相と面心立方構造相との混晶である結晶構造を有し、体心立方構造の(110)面からのX線回析強度を $I_b$ とし、面心立方構造の(111)面からのX線回析強度を $I_f$ としたときの $I_b/I_f$ が0.3以上、0.7以下であるコバルト・ニッケル・鉄合金薄膜を、電気めっきによって形成するようにしたので、良好な軟磁気特性が得られると共に安定して大きな飽和磁束密度が得られるコバルト・ニッケル・鉄合金薄膜を形成することが可能になり、その結果、安定して良好な記録特性が得られる薄膜磁気ヘッドを製造することができるという効果を奏する。

## 【0088】

また、請求項7記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、コバルト・ニッケル・鉄合金薄膜を電気めっきによって製造する際のめっき浴のpHを3.0以上、4.0以下としたので、コバルト・ニッケル・鉄合金薄膜の組成のばらつきを抑えながら、良好な軟磁気特性が得られると共に安定して大きな飽和磁束密度が得られるコバルト・ニッケル・鉄合金薄膜を形成することが可能になり、その結果、より安定して良好な記録特性が得られる薄膜磁気ヘッドを製造することができるという効果を奏する。

## 【0089】

また、請求項8記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法によれば、めっき浴のpHを3.0以上、4.0以下の範囲内で制御することによって $I_b/I_f$ の値を制御するようにしたので、組成を変えることなくコバルト・ニッケル・鉄合金薄膜の飽和磁束密度を制御することが可能になり、その結果、薄膜磁気ヘッドの記録特

性を制御することが可能になるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の一実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法の概略を説明するための断面図である。

【図 2】

図 1 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 3】

図 2 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 4】

図 3 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 5】

図 4 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 6】

図 5 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 7】

本発明の一実施の形態における上部磁極層のトラック幅規定層の形成方法を説明するための断面図である。

【図 8】

図 7 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 9】

図 8 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 1 0】

図 9 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 1 1】

図 1 0 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 1 2】

第 1 の実験において作製された 6 つの C o N i F e 膜に関して成膜時におけるめっき浴の p H と C o N i F e 膜の組成との関係を示す特性図である。

【図 1 3】

第 2 の実験において作製された試料番号が 1 ～ 2 3 の試料における  $I_b / I_f$  の値と飽和磁束密度  $B_s$  との関係を示す特性図である。

【図 1 4】

第 2 の実験において作製された試料番号が 1 ～ 1 6 の試料に関して成膜時におけるめっき浴の  $pH$  と  $I_b / I_f$  の値との関係を示す特性図である。

【図 1 5】

第 2 の実験において作製された試料番号が 1 の試料についての X 線回折強度の測定結果を示す特性図である。

【図 1 6】

第 2 の実験において作製された試料番号が 2 の試料についての X 線回折強度の測定結果を示す特性図である。

【図 1 7】

第 2 の実験において作製された試料番号が 3 の試料についての X 線回折強度の測定結果を示す特性図である。

【図 1 8】

第 2 の実験において作製された試料番号が 4 の試料についての X 線回折強度の測定結果を示す特性図である。

【図 1 9】

第 2 の実験において作製された試料番号が 5 の試料についての X 線回折強度の測定結果を示す特性図である。

【図 2 0】

第 2 の実験において作製された試料番号が 6 の試料についての X 線回折強度の測定結果を示す特性図である。

【図 2 1】

第 2 の実験において作製された試料番号が 7 の試料についての X 線回折強度の測定結果を示す特性図である。

【図 2 2】

第 2 の実験において作製された試料番号が 8 の試料についての X 線回折強度の

測定結果を示す特性図である。

【図 2 3】

第 2 の実験において作製された試料番号が 9 の試料についての X 線回折強度の測定結果を示す特性図である。

【図 2 4】

第 2 の実験において作製された試料番号が 1 0 の試料についての X 線回折強度の測定結果を示す特性図である。

【図 2 5】

第 2 の実験において作製された試料番号が 1 1 の試料についての X 線回折強度の測定結果を示す特性図である。

【図 2 6】

第 2 の実験において作製された試料番号が 1 2 の試料についての X 線回折強度の測定結果を示す特性図である。

【図 2 7】

第 2 の実験において作製された試料番号が 1 3 の試料についての X 線回折強度の測定結果を示す特性図である。

【図 2 8】

第 2 の実験において作製された試料番号が 1 4 の試料についての X 線回折強度の測定結果を示す特性図である。

【図 2 9】

第 2 の実験において作製された試料番号が 1 5 の試料についての X 線回折強度の測定結果を示す特性図である。

【図 3 0】

第 2 の実験において作製された試料番号が 1 6 の試料についての X 線回折強度の測定結果を示す特性図である。

【図 3 1】

第 2 の実験において作製された試料番号が 1 7 の試料についての X 線回折強度の測定結果を示す特性図である。

【図 3 2】



第 2 の実験において作製された試料番号が 1 8 の試料についての X 線回折強度の測定結果を示す特性図である。

【図 3 3】

第 2 の実験において作製された試料番号が 1 9 の試料についての X 線回折強度の測定結果を示す特性図である。

【図 3 4】

第 2 の実験において作製された試料番号が 2 0 の試料についての X 線回折強度の測定結果を示す特性図である。

【図 3 5】

第 2 の実験において作製された試料番号が 2 1 の試料についての X 線回折強度の測定結果を示す特性図である。

【図 3 6】

第 2 の実験において作製された試料番号が 2 2 の試料についての X 線回折強度の測定結果を示す特性図である。

【図 3 7】

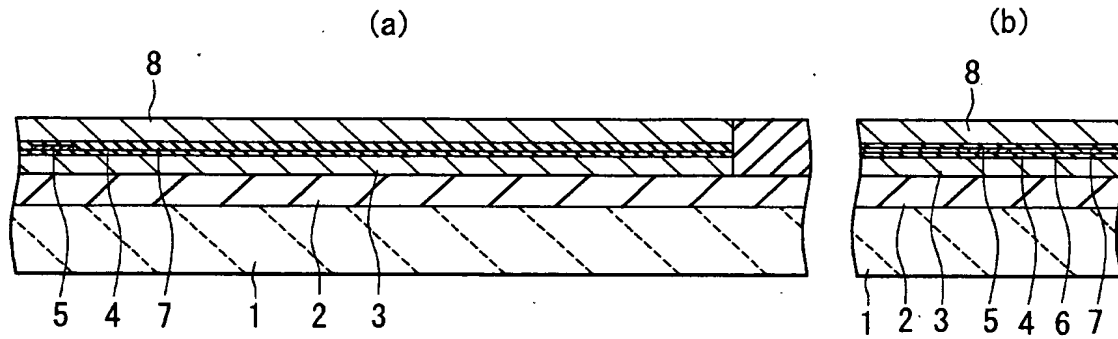
第 2 の実験において作製された試料番号が 2 3 の試料についての X 線回折強度の測定結果を示す特性図である。

【符号の説明】

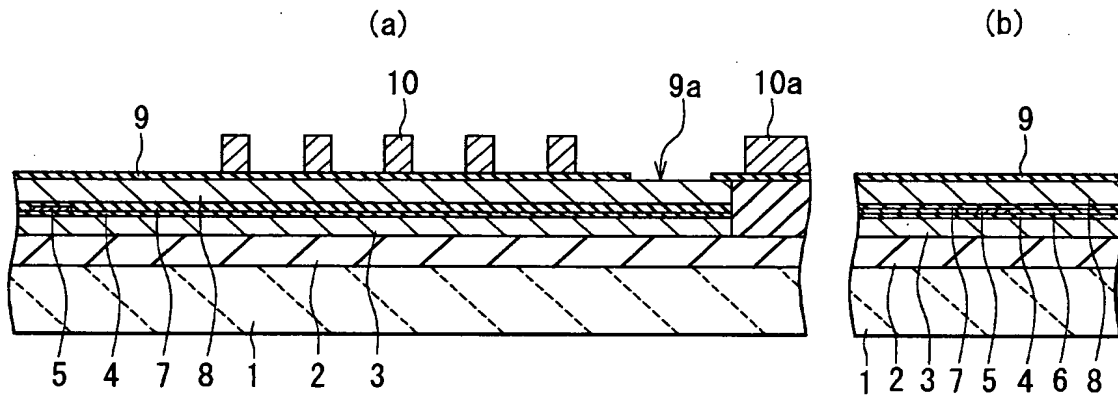
1 …基板、 2 …絶縁層、 3 …下部シールド層、 5 …MR 素子、 8 …下部磁極層、 9 …記録ギャップ層、 1 0 …薄膜コイルの第 1 層部分、 1 2 …上部磁極層、 1 2 a …トラック幅規定層、 1 2 b …連結部分層、 1 2 c …ヨーク部分層、 1 5 …薄膜コイルの第 2 層部分、 2 1 …下地膜、 2 2 …フレーム。

【書類名】 図面

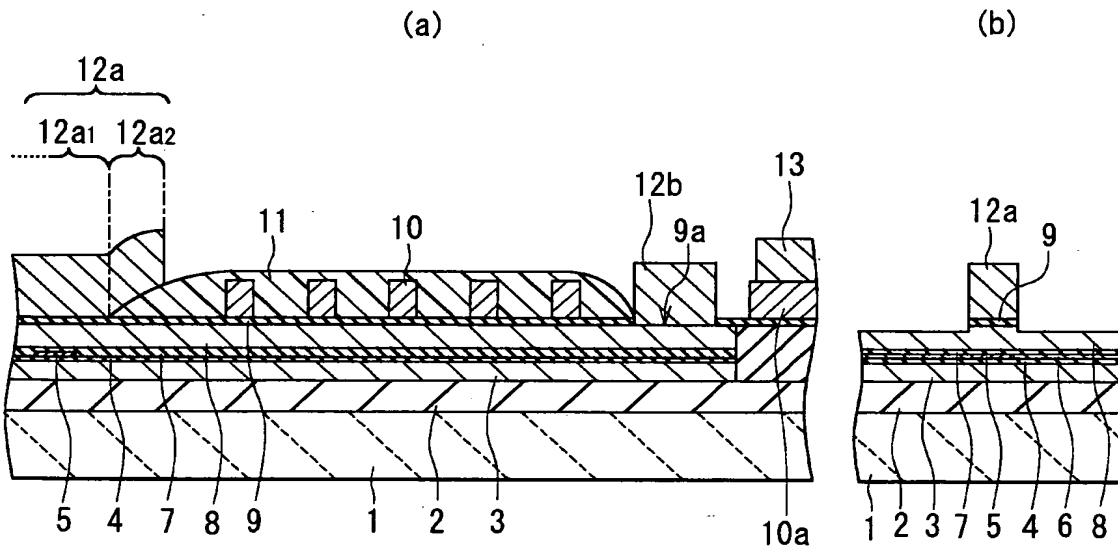
【図 1】



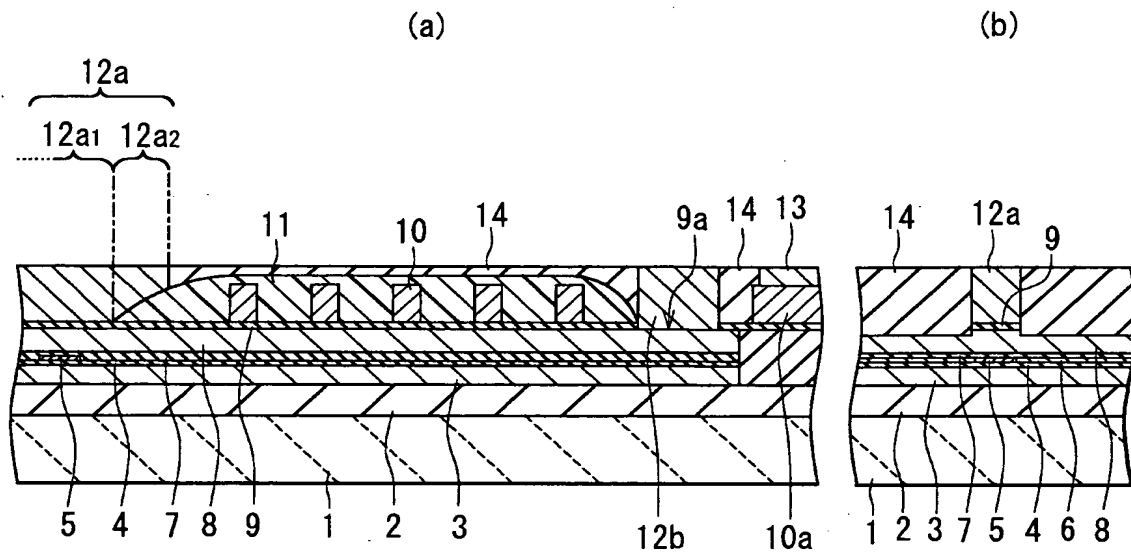
【図 2】



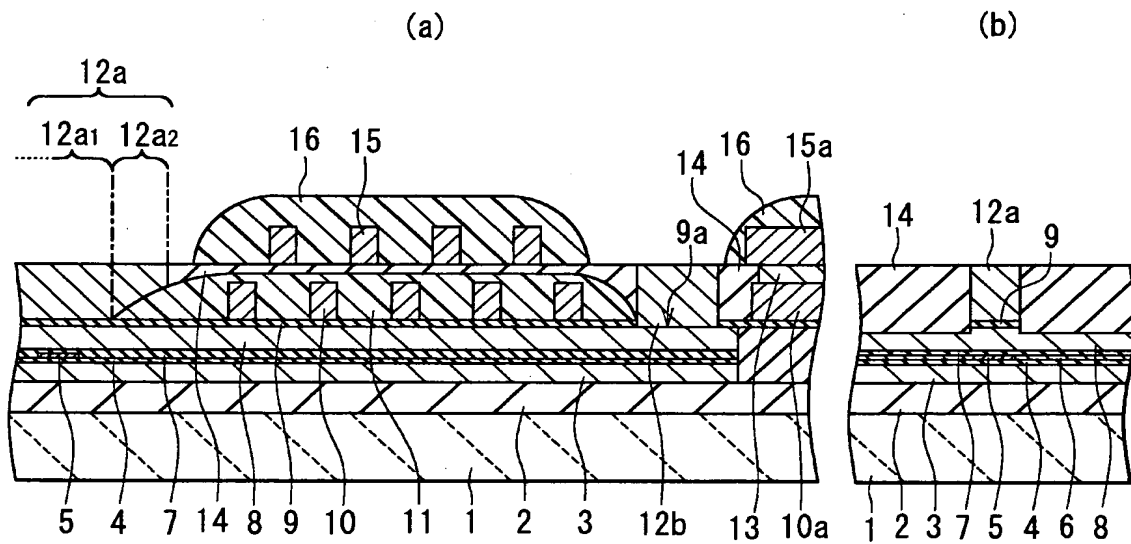
【図 3】



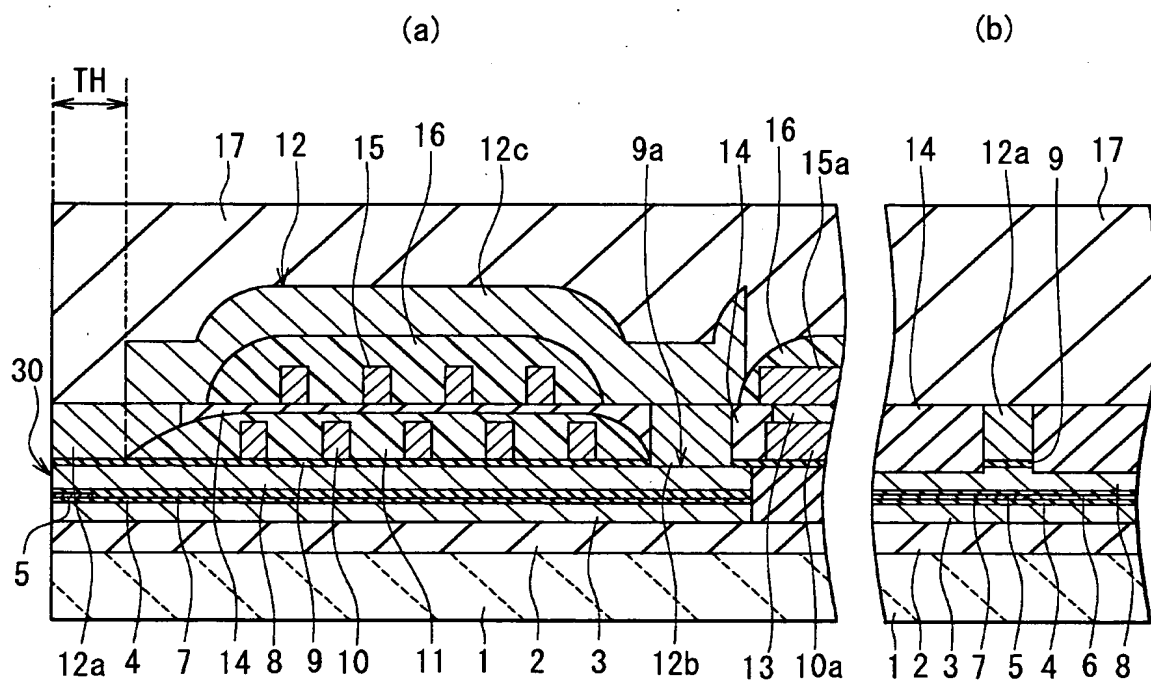
【図 4】



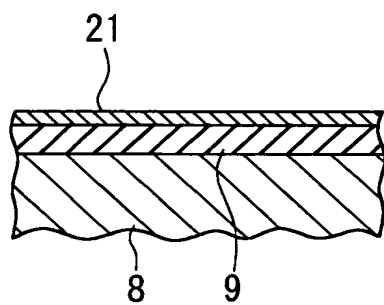
【図 5】



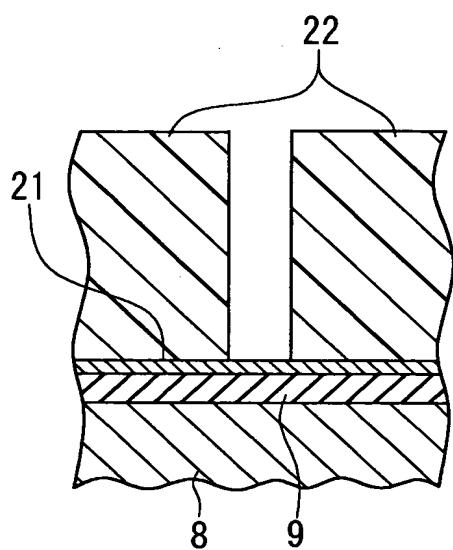
【図 6】



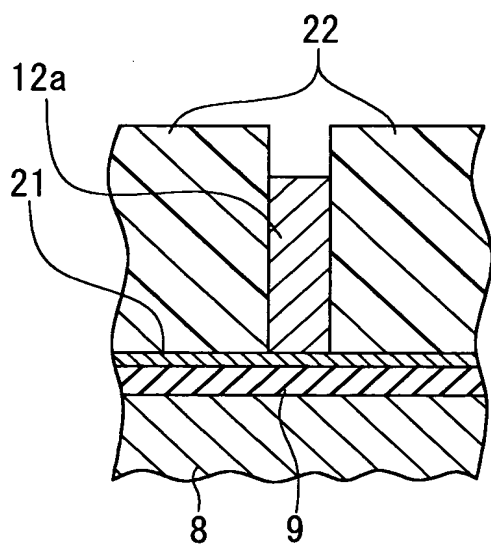
【图 7】



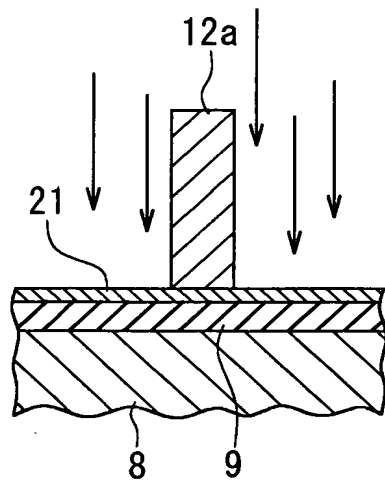
【図 8】



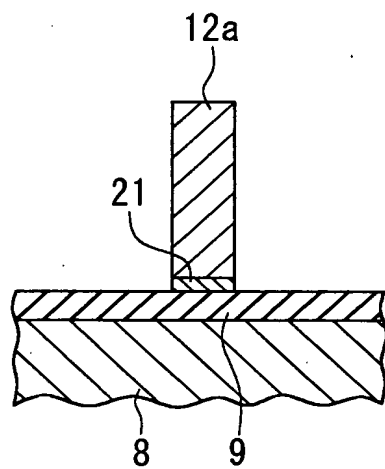
【図 9】



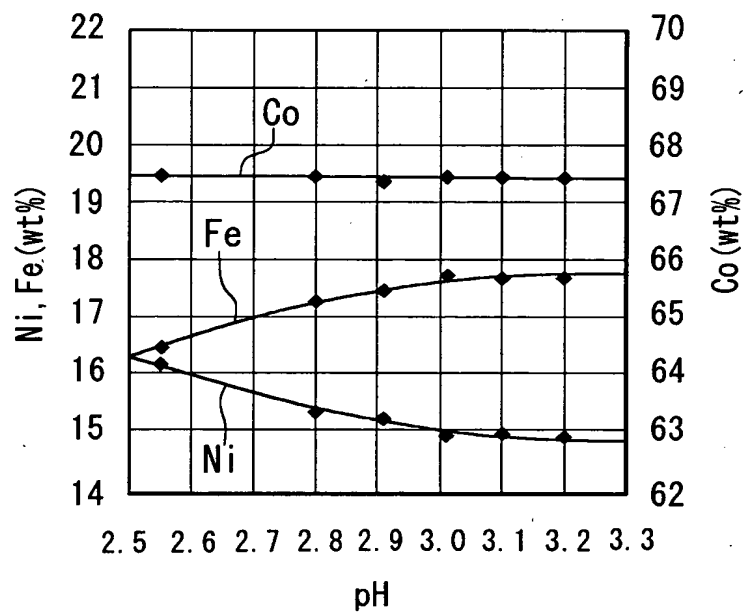
【図 1 0】



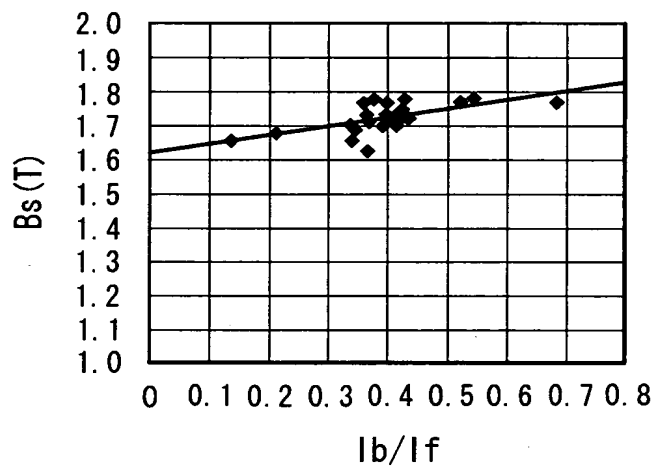
【図 1 1】



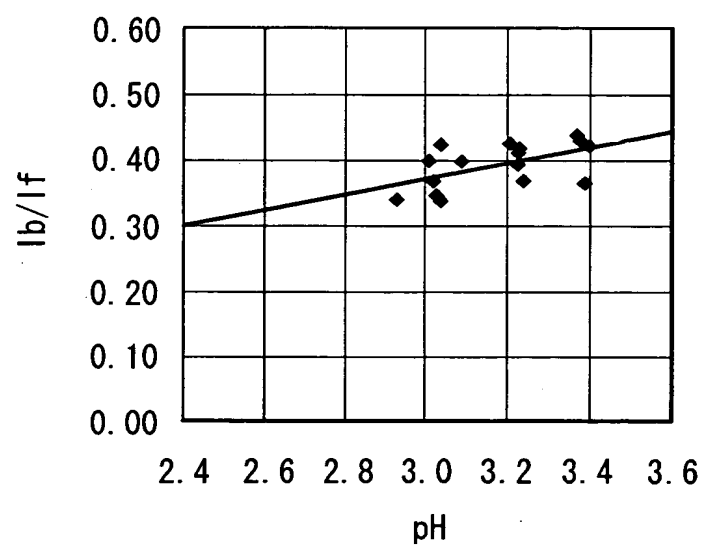
【図 1 2】



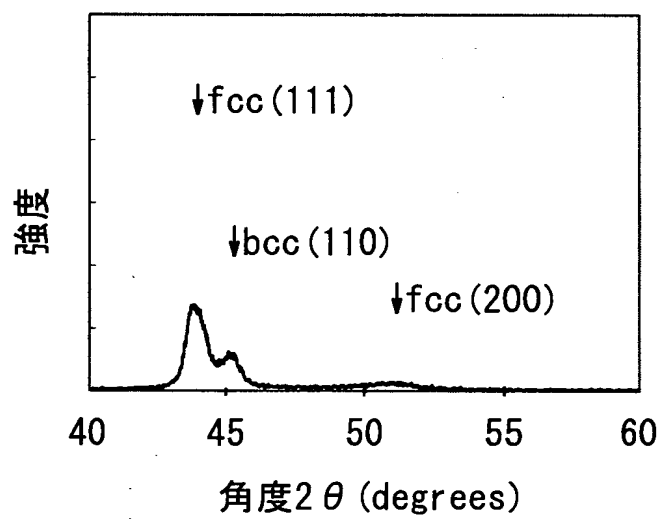
【図 1 3】



【図 1 4】

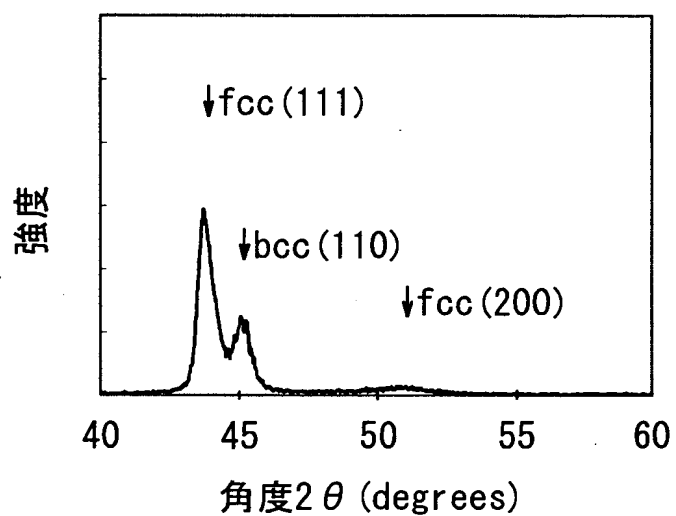


【図 1 5】

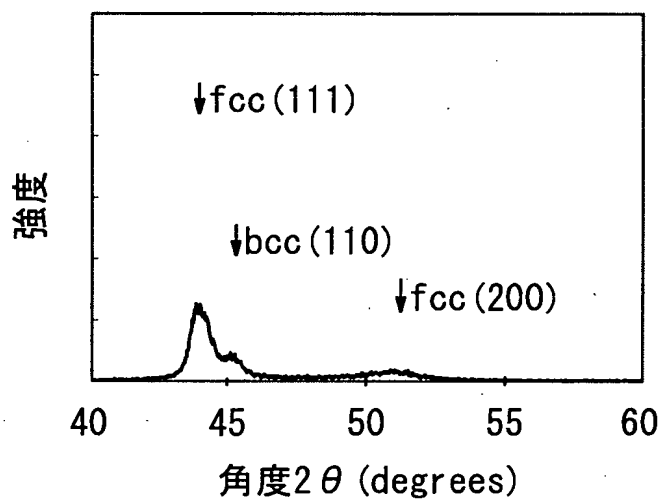




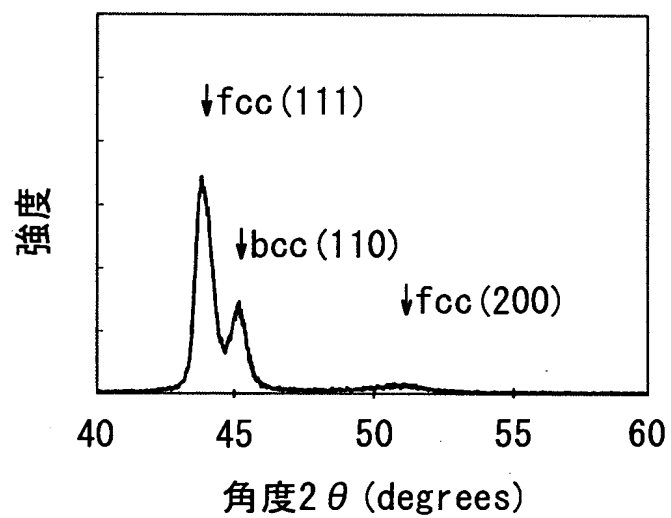
【図 1 6】



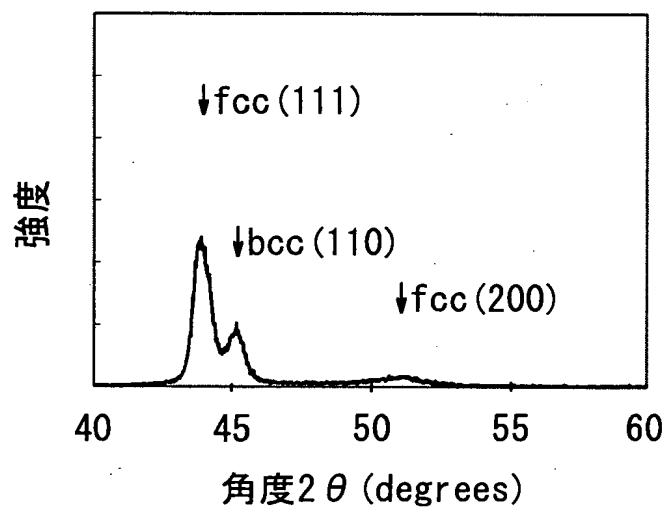
【図 1 7】



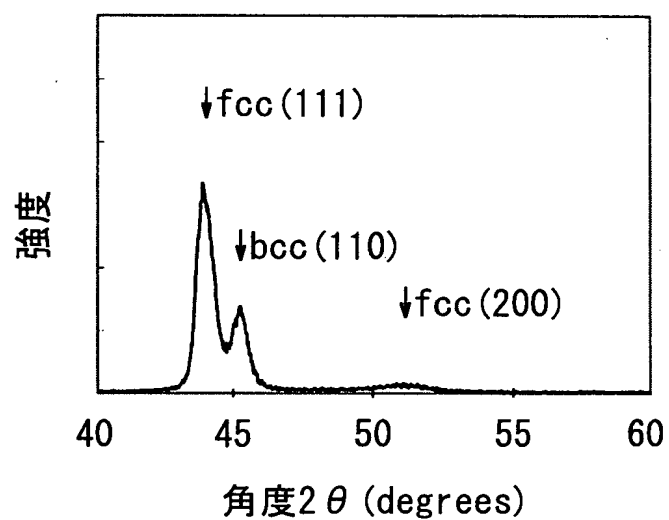
【図 18】



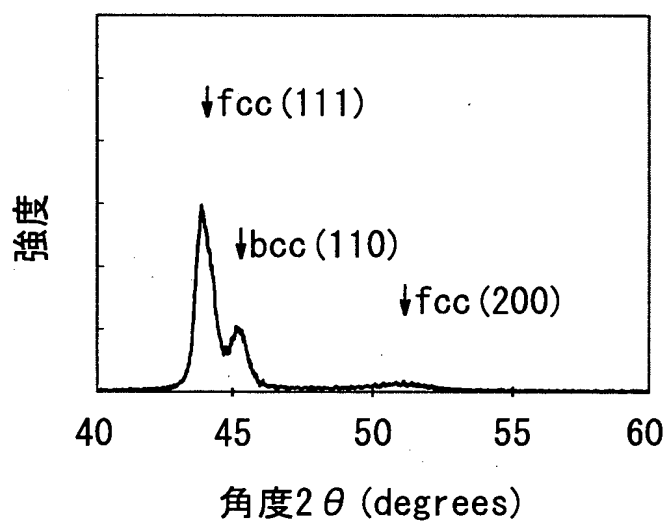
【図 19】



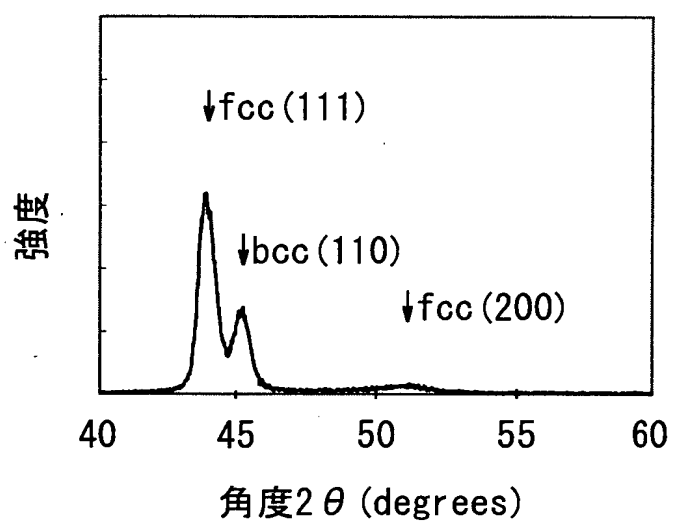
【図 2 0】



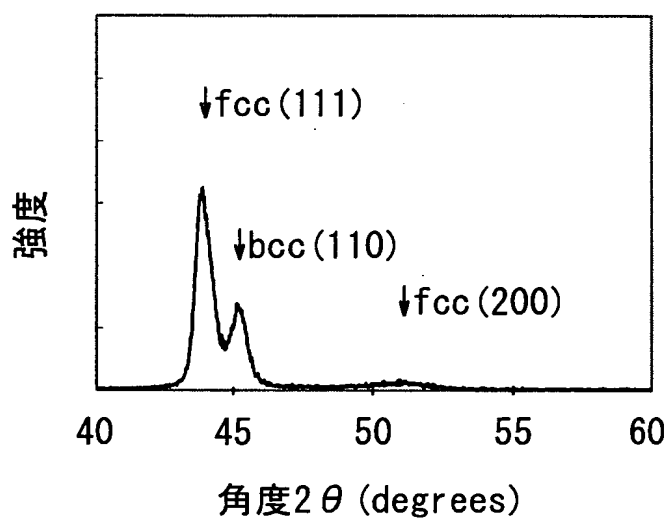
【図 2 1】



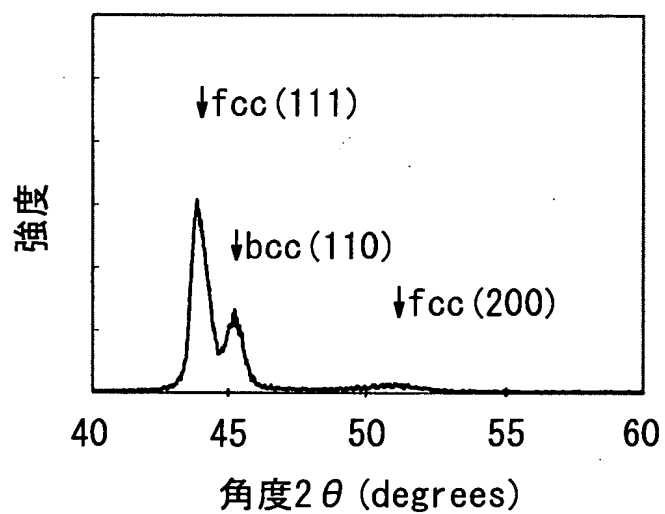
【図 2 2】



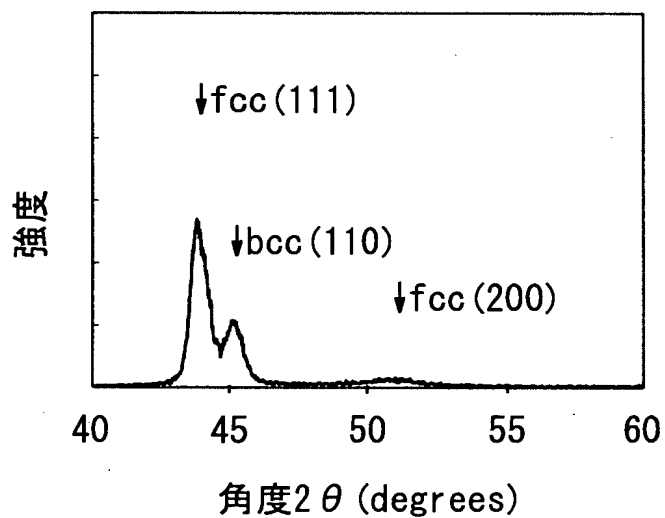
【図 2 3】



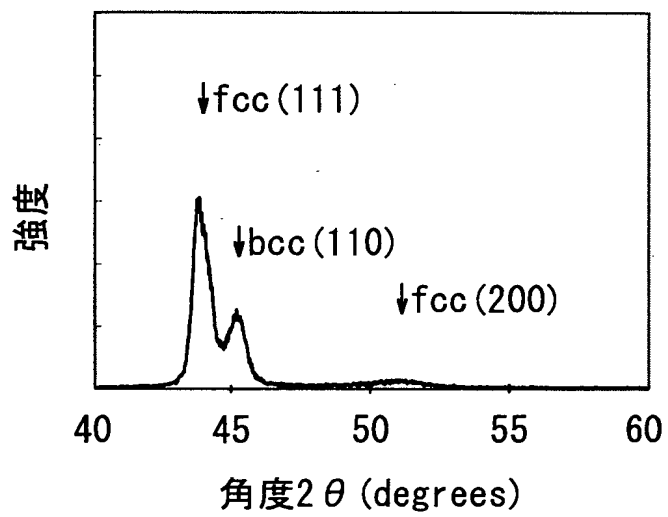
【図 2 4】



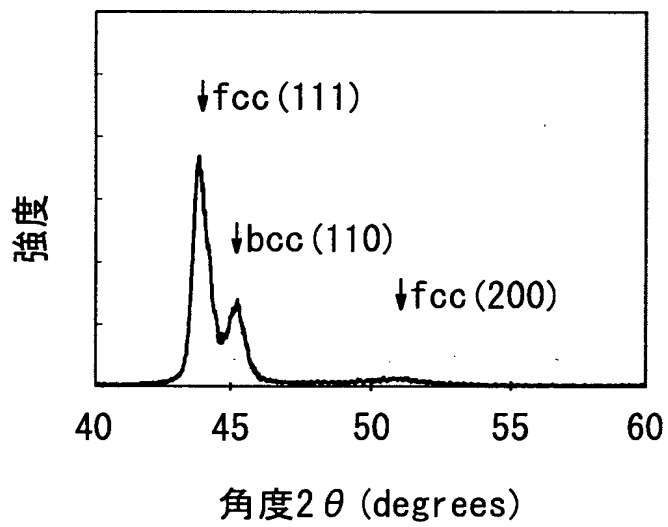
【図 2 5】



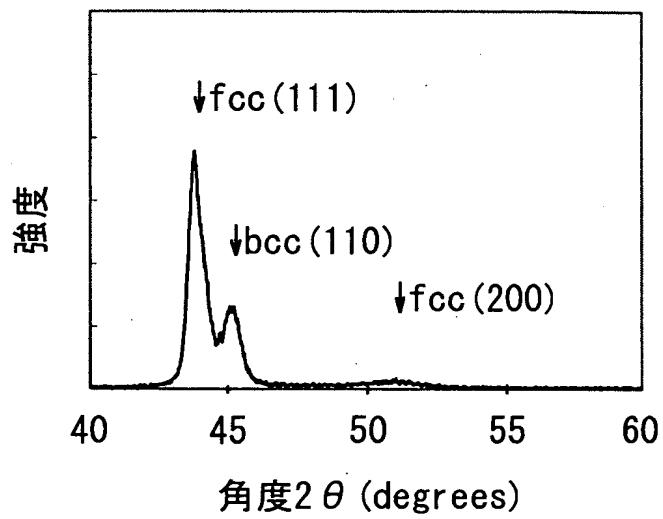
【図 2 6】



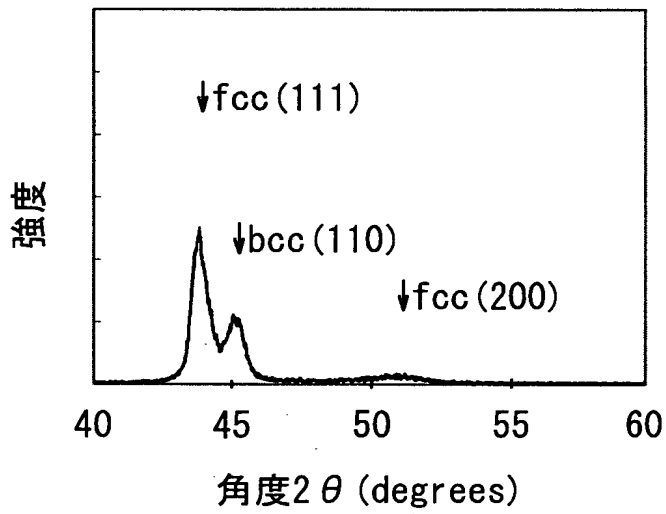
【図 2 7】



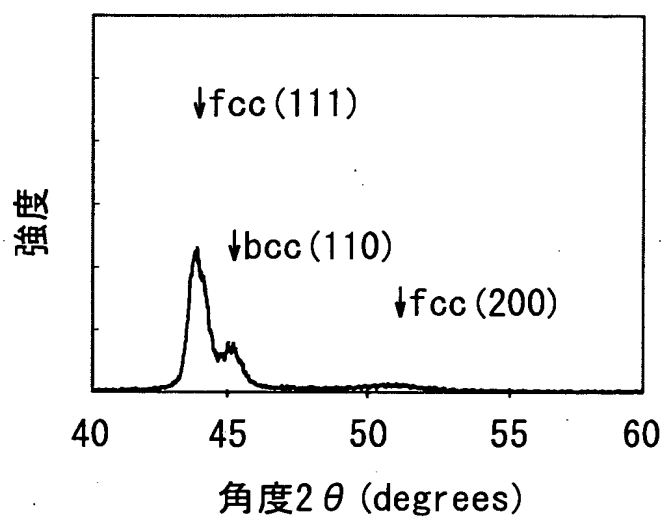
【図 2 8】



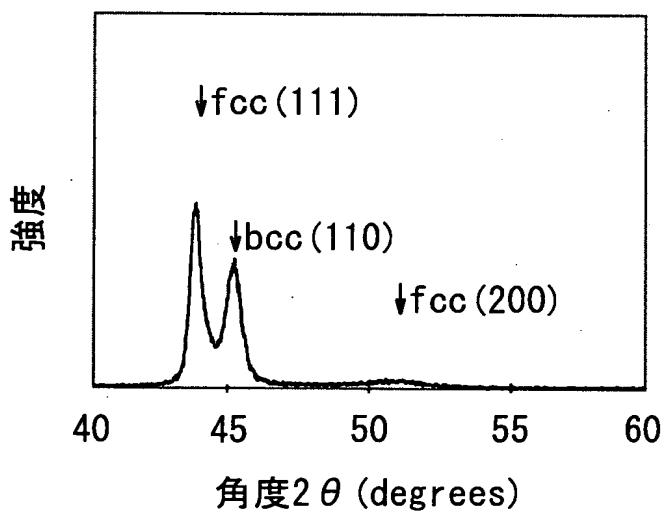
【図 2 9】



【図 3 0】

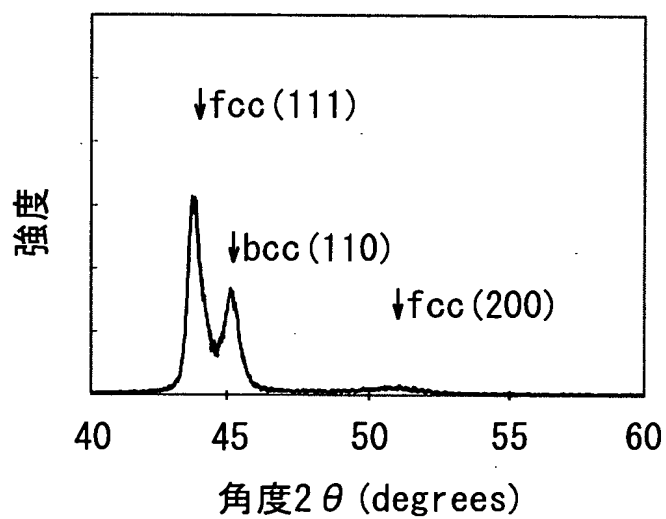


【図 3 1】

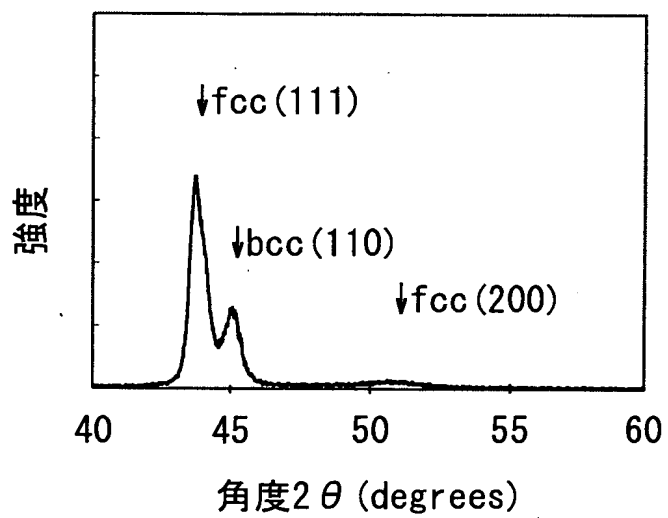




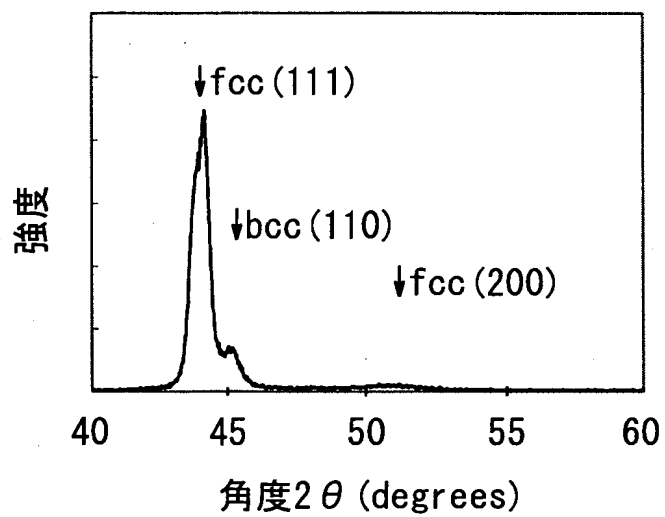
【図 3 2】



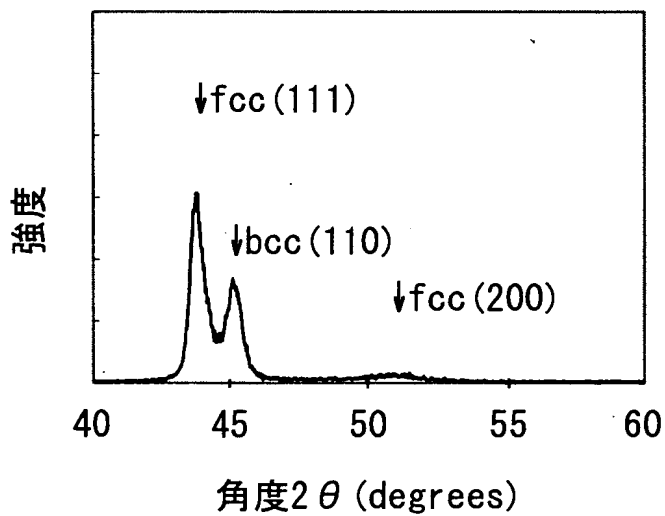
【図 3 3】



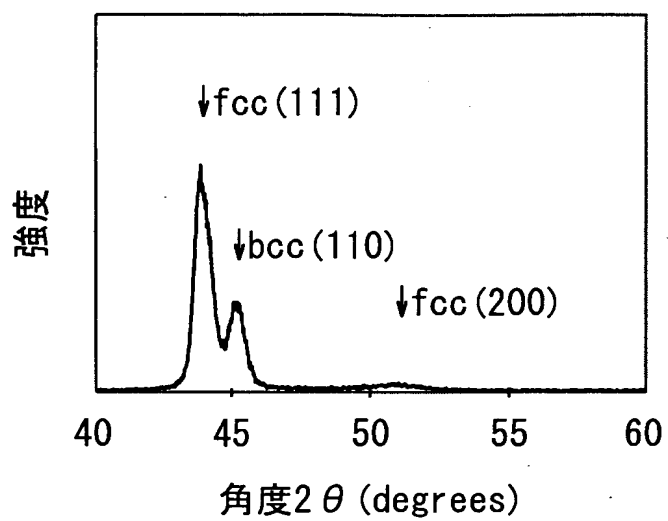
【図 3 4】



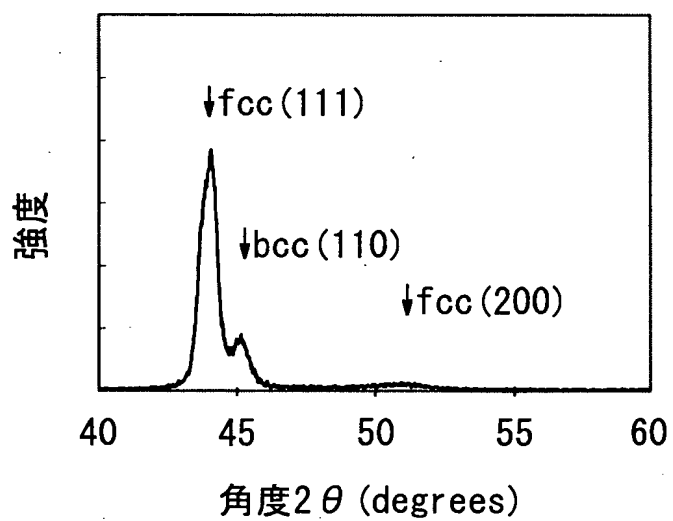
【図 3 5】



【図 3 6】



【図 3 7】



【書類名】                      要約書

【要約】

【課題】    良好な軟磁気特性が得られると共に安定して大きな飽和磁束密度が得られるコバルト・ニッケル・鉄合金薄膜を提供する。

【解決手段】    薄膜磁気ヘッドの記録トラック幅を規定するトラック幅規定層 12 a は、電気めっきによって形成された C o N i F e 膜よりなる。C o N i F e 膜は、コバルトの含有量が 6 0 ～ 7 5 重量%、ニッケルの含有量が 1 0 ～ 2 0 重量%、鉄の含有量が 1 0 ～ 2 0 重量%であり、体心立方構造相と面心立方構造相との混晶である結晶構造を有し、体心立方構造の ( 1 1 0 ) 面からの X 線回析強度を  $I_b$  とし、面心立方構造の ( 1 1 1 ) 面からの X 線回析強度を  $I_f$  としたときの  $I_b / I_f$  が 0 . 3 以上、0 . 7 以下である。C o N i F e 膜を電気めっきによって製造する際のめっき浴の pH は 3 . 0 以上、4 . 0 以下とする。

【選択図】                      図 9

特2000-396710

## 認定・付加情報

特許出願の番号	特願2000-396710
受付番号	50001686872
書類名	特許願
担当官	第八担当上席 0097
作成日	平成12年12月28日

### <認定情報・付加情報>

【提出日】	平成12年12月27日
-------	-------------

次頁無

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000003067]

1. 変更年月日 1990年 8月30日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 東京都中央区日本橋1丁目13番1号  
氏 名 ティーディーケイ株式会社